



(71) Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(74) Vertreter:

Dreiss, Fuhlendorf, Steinle & Becker, 70188  
Stuttgart

(72) Erfinder:

Schnabel, Eberhard, 71282 Hemmingen, DE;  
Winkler, Klaus, 71277 Rutesheim, DE

(56) Entgegenhaltungen:

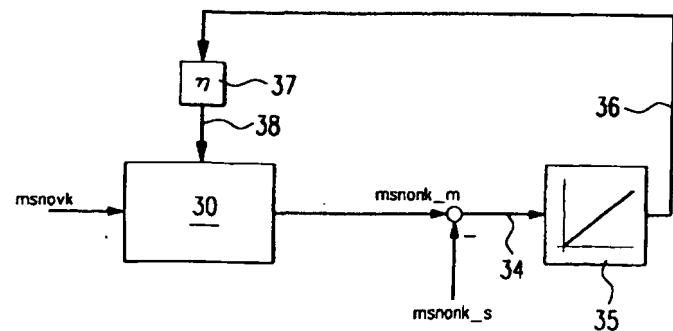
DE	198 30 829 C1
DE	198 43 879 A1
DE	198 28 928 A1
DE	198 23 923 A1
DE	198 23 921 A1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Verfahren und Steuergerät zum Betreiben eines Stickoxid (NOx)-Speicherkatalysators

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Stickoxid(NOx)-Speicherkatalysator (12') einer Brennkraftmaschine (1) insbesondere eines Kraftfahrzeugs. Dabei werden von der Brennkraftmaschine (1) erzeugte Stickoxide (NOx) in einer ersten Betriebsphase in den Speicherkatalysator (12') eingespeichert und in den Speicherkatalysator (12') eingespeicherte Stickoxide in einer zweiten Betriebsphase aus dem Speicherkatalysator (12') ausgespeichert. Der Beginn der zweiten Betriebsphase wird anhand eines Stickoxid(NOx)-Füllstandes (mnosp) des NOx-Speicherkatalysators (12') bestimmt, der anhand eines Stickoxid(NOx)-Einspeichermodells (30) modelliert wird. Um den Anfang und das Ende der zweiten Betriebsphase möglichst genau und zuverlässig ermitteln zu können, wird vorgeschlagen, dass ein erster Wert des Stickoxid(NOx)-Massenstroms (msnonk\_s) hinter dem NOx-Speicherkatalysator (12') erfasst und das NOx-Einspeichermodell (30) in Abhängigkeit von dem erfassten ersten Wert (msnonk\_s) korrigiert wird.



## Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Stickoxid (NOx)-Speicherkatalysators einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs. Dabei werden von der Brennkraftmaschine erzeugte Stickoxide in einer ersten Betriebsphase in den Speicherkatalysator eingespeichert und in den Speicherkatalysator eingespeicherte Stickoxide in einer zweiten Betriebsphase aus dem Speicherkatalysator ausgespeichert. Der Beginn der zweiten Betriebsphase wird anhand eines Stickoxid (NOx)-Füllstandes des NOx-Speicherkatalysators bestimmt, wobei der NOx-Füllstand anhand eines Stickoxid (NOx)-Einspeichermodells modelliert wird.

[0002] Die Erfindung betrifft außerdem ein Steuergerät für eine Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs. Die Brennkraftmaschine kann von dem Steuergerät zwischen einer ersten Betriebsphase, in der von der Brennkraftmaschine erzeugte Stickoxide in den Stickoxid (NOx)-Speicherkatalysator eingespeichert werden, und einer zweiten Betriebsphase, in der eingespeicherte Stickoxide aus dem NOx-Speicherkatalysator ausgespeichert werden, hin- und hergeschaltet werden. Das Steuergerät weist erste Mittel zum Bestimmen des Beginns der zweiten Betriebsphase anhand eines mittels eines Stickoxid (NOx)-Einspeichermodells modellierten Stickoxid (NOx)-Füllstandes des NOx-Speicherkatalysators auf. Des Weiteren betrifft die vorliegende Erfindung ein Steuerelement, insbesondere ein Read-Only-Memory oder ein Flash-Memory, für ein derartiges Steuergerät.

[0003] Schließlich betrifft die vorliegende Verbindung eine Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs. Die Brennkraftmaschine weist ein Steuergerät und einen Stickoxid (NOx)-Speicherkatalysator auf. Die Brennkraftmaschine kann zwischen einer ersten Betriebsphase, in der von der Brennkraftmaschine erzeugte Stickoxide in den NOx-Speicherkatalysator eingespeichert werden, und einer zweiten Betriebsphase, in der eingespeicherte Stickoxide aus dem NOx-Speicherkatalysator ausgespeichert werden, von dem Steuergerät hin- und hergeschaltet werden. Die Brennkraftmaschine weist erste Mittel zum Bestimmen des Beginns der zweiten Betriebsphase anhand eines mittels eines Stickoxid (NOx)-Einspeichermodells modellierten Stickoxid (NOx)-Füllstandes des NOx-Speicherkatalysators auf.

## Stand der Technik

[0004] Bei Brennkraftmaschinen, die mit einem mageren Kraftstoff/Luft-Gemisch ( $\Lambda > 1$ ) betrieben werden können, werden Stickoxid (NOx)-Speicherkatalysatoren eingesetzt, um die von der Brennkraftmaschine während einer ersten Betriebsphase (Magerbetrieb) ausgestoßenen Stickoxid (NOx)-Emissionen einzuspeichern. Diese erste Betriebsphase des NOx-Speicherkatalysators wird auch als Einspeicherphase bezeichnet. Mit zunehmender Dauer der Einspeicherphase nimmt der Wirkungsgrad des NOx-Speicherkatalysators ab, was zu einem Anstieg der NOx-Emissionen hinter dem NOx-Speicherkatalysator führt. Die Ursache für die Abnahme des Wirkungsgrads liegt in der Zunahme des Stickoxid (NOx)-Füllstands des NOx-Speicherkatalysators. Der NOx-Füllstand kann überwacht und nach Überschreiten eines vorgebbaren Schwellenwertes die zweite Betriebsphase des NOx-Speicherkatalysators (Ausspeicherphase) eingeleitet werden. Zum Ermitteln des NOx-Füllstands des NOx-Speicherkatalysators kann ein Stickoxid (NOx)-Einspeichermodell eingesetzt werden.

[0005] Während der zweiten Betriebsphase wird dem Ab-

gas der Brennkraftmaschine ein Reduktionsmittel hinzugegeben, das eingespeicherte Stickoxide zu Stickstoff und Sauerstoff reduziert. Als Reduktionsmittel können bspw. Kohlenwasserstoff (HC) und/oder Kohlenmonoxid (CO) verwendet werden, die durch eine fette Einstellung des Kraftstoff/Luft-Gemisches in dem Abgas erzeugt werden können. Alternativ kann als Reduktionsmittel auch Harnstoff zu dem Abgas hinzugegeben werden. Dabei wird zur Reduktion des Stickoxids zu Sauerstoff und Stickstoff Ammoniak aus dem Harnstoff verwendet. Der Ammoniak kann per Hydrolyse aus einer Harnstofflösung gewonnen werden.

[0006] Gegen Ende der Ausspeicherphase ist ein Großteil des eingespeicherten Stickoxids reduziert und immer weniger des Reduktionsmittels trifft auf Stickoxid, das es zu Sauerstoff und Stickstoff reduzieren kann. In der Folge steigt gegen Ende der Ausspeicherphase der Anteil an Reduktionsmittel in dem Abgas hinter dem NOx-Speicherkatalysator an, der Anteil an Sauerstoff in dem Abgas hinter dem NOx-Speicherkatalysator nimmt ab. Durch eine Analyse des Abgases hinter dem NOx-Speicherkatalysator durch geeignete Abgassensoren kann das Ende der Ausspeicherphase dann eingeleitet werden, wenn der Großteil des Stickoxids aus dem NOx-Speicherkatalysator ausgespeichert worden ist.

[0007] Bei einem aus dem Stand der Technik bekannten NOx-Einspeichermodell wird der NOx-Füllstand des NOx-Speicherkatalysators in Abhängigkeit von u. a. dem NOx-Massenstrom vor dem NOx-Speicherkatalysator, dem NOx-Massenstrom hinter dem NOx-Speicherkatalysator und der Temperatur des NOx-Speicherkatalysators bestimmt. Aus diesen Größen wird ein Wirkungsgrad des NOx-Speicherkatalysators bestimmt, der multipliziert mit dem NOx-Massenstrom vor dem NOx-Speicherkatalysator auf integriert den aktuellen NOx-Füllstand liefert. Sobald der NOx-Füllstand den vorgebbaren Schwellenwert überschreitet, wird die zweite Betriebsphase eingeleitet. Der Wirkungsgrad des NOx-Speicherkatalysators nimmt bei konstanten Randbedingungen mit zunehmendem NOx-Füllstand ab.

[0008] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zu grunde, den NOx-Füllstand eines NOx-Speicherkatalysators mit Hilfe eines NOx-Einspeichermodells und damit Anfang und Ende der zweiten Betriebsphase (Ausspeicherphase) möglichst genau und zuverlässig bestimmen zu können, um eine optimale Abgasqualität zu gewährleisten.

[0009] Zur Lösung dieser Aufgabe schlägt die Erfindung ausgehend von dem Verfahren der eingangs genannten Art vor, dass ein erster Wert des Stickoxid (NOx)-Massenstroms hinter dem NOx-Speicherkatalysator erfasst und das NOx-Einspeichermodell in Abhängigkeit von dem erfassten ersten Wert korrigiert wird.

## Vorteile der Erfindung

[0010] Erfindungsgemäß wird also vorgeschlagen, das NOx-Einspeichermodell durch einen gemessenen Wert zu korrigieren. Aus dem gemessenen Wert kann ein Korrekturfaktor für das NOx-Einspeichermodell gewonnen werden, der zu Diagnosezwecken herangezogen werden kann. Durch den gemessenen Wert des NOx-Füllstands kann der mit Hilfe des NOx-Einspeichermodells modellierte NOx-Füllstand korrigiert und damit auch der Anfang und das Ende der zweiten Betriebsphase mit einer wesentlich höheren Genauigkeit bestimmt werden. Das wiederum erlaubt es, an die Grenze der Speicherfähigkeit des NOx-Speicherkatalysators zu gehen, d. h. die Speicherfähigkeit des NOx-Speichers voll auszunutzen ohne sie zu überschreiten, was zu einer deutlich verbesserten Abgasqualität führt. Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das NOx-Einspeicher-

modell bzw. der Anfang und das Ende der zweiten Betriebsphase den tatsächlichen Emissionen der Brennkraftmaschine angepaßt.

[0011] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, dass der erste Wert des NOx-Massenstroms hinter dem NOx-Speicherkatalysator mittels eines NOx-Sensors gemessen wird.

[0012] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, dass ein zweiter Wert des NOx-Massenstroms hinter dem NOx-Speicherkatalysator dem NOx-Einspeichermodell entnommen wird und das NOx-Einspeichermodell in Abhängigkeit der beiden Werte des NOx-Massenstroms korrigiert wird.

[0013] Vorteilhafterweise wird eine Differenz der beiden Werte der NOx-Massenströme gebildet und das NOx-Einspeichermodell in Abhängigkeit der Differenz korrigiert.

[0014] Vorteilhafterweise wird der NOx-Füllstand durch Integration des Produkts aus dem NOx-Massenstrom vor dem NOx-Speicherkatalysator und einem Wirkungsgrad des NOx-Speicherkatalysators in dem NOx-Einspeichermodell ermittelt. Der Wirkungsgrad des NOx-Speicherkatalysators wird bspw. in Abhängigkeit des NOx-Massenstroms vor dem NOx-Speicherkatalysator und von der Temperatur des NOx-Speicherkatalysators ermittelt.

[0015] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, dass die Differenz der beiden Werte des NOx-Massenstroms hinter dem NOx-Speicherkatalysator einem Regler zugeführt wird und das NOx-Einspeichermodell in Abhängigkeit einer Stellgröße des Reglers korrigiert wird. Der Regler ist vorzugsweise als integrierender (I)-Regler ausgebildet. Das Ausgangssignal des nach dem NOx-Speicherkatalysator angesetzten NOx-Sensors wird also nicht direkt, bspw. über den Absolutwert, die Steigung o. ä., ausgewertet, sondern dient zur Regelung des NOx-Einspeichermodells mittels des I-Reglers.

[0016] Schließlich wird vorgeschlagen, dass das NOx-Einspeichermodell in Abhängigkeit von dem Wirkungsgrad des NOx-Speicherkatalysators als der Stellgröße des Reglers korrigiert wird.

[0017] Von besonderer Bedeutung ist die Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens in Form eines Steuerelements, das für ein Steuergerät einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs vorgesehen ist. Dabei ist auf dem Steuerelement ein Programm abgespeichert, das auf einem Rechengerät, insbesondere auf einem Mikroprozessor, ablauffähig und zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignet ist. In diesem Fall wird also die Erfindung durch ein auf dem Steuerelement abgespeichertes Programm realisiert, so dass dieses mit dem Programm versehene Steuerelement in gleicher Weise die Erfindung darstellt wie das Verfahren, zu dessen Ausführung das Programm geeignet ist. Als Steuerelement kann insbesondere ein elektrisches Speichermedium zur Anwendung kommen, bspw. ein Read-Only-Memory oder ein Flash-Memory.

[0018] Als eine weitere Lösung der Aufgabe der vorliegenden Erfindung wird ausgehend von dem Steuergerät der eingangs genannten Art vorgeschlagen, dass das Steuergerät zweite Mittel zum Erfassen eines ersten Werts des Stickoxid (NOx)-Massenstroms hinter dem NOx-Speicherkatalysator und dritte Mittel zur Korrektur des NOx-Einspeichermodells in Abhängigkeit von dem erfassten ersten Wert aufweist.

[0019] Schließlich wird zur Lösung der Aufgabe der vorliegenden Erfindung ausgehend von der Brennkraftmaschine der eingangs genannten Art vorgeschlagen, dass die Brennkraftmaschine zweite Mittel zum Erfassen eines ersten Werts des Stickoxid (NOx)-Massenstroms hinter dem

NOx-Speicherkatalysator und dritte Mittel zur Korrektur des NOx-Einspeichermodells in Abhängigkeit von dem erfassten ersten Wert aufweist.

## 5 Zeichnungen

[0020] Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, die in der Zeichnung dargestellt sind. Dabei bilden alle beschriebenen oder dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Patentansprüchen oder deren Rückbeziehung sowie unabhängig von ihrer Formulierung bzw. Darstellung in der Beschreibung bzw. in der Zeichnung. Es zeigen:

[0021] Fig. 1 ein schematisches Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine gemäß einer bevorzugten Ausführungsform;

[0022] Fig. 2 einen schematischen Signallaufplan eines NOx-Einspeichermodells; und

[0023] Fig. 3 einen schematischen Signallaufplan eines erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß einer bevorzugten Ausführungsform.

## 25 Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0024] In Fig. 1 ist eine direkteinspritzende Brennkraftmaschine 1 eines Kraftfahrzeugs dargestellt, bei der ein Kolben 2 in einem Zylinder 3 hin- und herbewegbar ist. Der Zylinder 3 ist mit einem Brennraum 4 versehen, der u. a. durch den Kolben 2, ein Einlassventil 5 und ein Auslassventil 6 begrenzt ist. Mit dem Einlassventil 5 ist ein Ansaugrohr 7 und mit dem Auslassventil 6 ein Abgasrohr 8 gekoppelt.

[0025] Im Bereich des Einlassventils 5 und des Auslassventils 6 ragen ein Kraftstoffeinspritzventil 9 und eine Zündkerze 10 in den Brennraum 4. Über das Einspritzventil 9 kann Kraftstoff in dem Brennraum 4 eingespritzt werden. Mit der Zündkerze 10 kann der Kraftstoff in dem Brennraum 4 entzündet werden.

[0026] In dem Ansaugrohr 7 ist eine drehbare Drosselklappe 11 untergebracht, über die dem Ansaugrohr 7 Luft zuführbar ist. Die Menge der zugeführten Luft ist abhängig von der Winkelstellung der Drosselklappe 11. In dem Abgasrohr 8 ist ein Katalysator 12 untergebracht, der die durch die Verbrennung des Kraftstoffs entstehenden Abgase reinigt. Bei dem Katalysator 12 handelt es sich um einen Stickoxid (NOx)-Speicherkatalysator 12', der mit einem 3-Wege-Katalysator 12" als Sauerstoffspeicher gekoppelt ist.

[0027] Ein Steuergerät 18 ist von Eingangssignalen 19 beaufschlagt, die mittels Sensoren gemessene Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine 1 darstellen. Das Steuergerät 18 erzeugt Ausgangssignale 20, mit denen über Aktoren bzw. Steller das Verhalten der Brennkraftmaschine 1 beeinflusst werden kann. Unter anderem ist das Steuergerät 18 dazu vorgesehen, die Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine 1 zu steuern und/oder zu regeln. Zu diesem Zweck ist das Steuergerät 18 mit einem Mikroprozessor versehen, der in einem Speichermedium, insbesondere in einem Flash-Memory, ein Programm abgespeichert hat, das dazu geeignet ist, die genannte Steuerung und/oder Regelung durchzuführen.

[0028] In einer ersten Betriebsart, einem sogenannten Homogenbetrieb der Brennkraftmaschine 1, wird die Drosselklappe 11 in Abhängigkeit von dem erwünschten Drehmoment teilweise geöffnet bzw. geschlossen. Der Kraftstoff wird von dem Einspritzventil 9 während einer durch den Kolben 2 hervorgerufenen Ansaugphase in den Brennraum

4 eingespritzt. Durch die gleichzeitig über die Drosselklappe 11 angesaugte Luft wird der eingespritzte Kraftstoff verwirbelt und damit in dem Brennraum 4 im Wesentlichen gleichmäßig verteilt. Danach wird das Kraftstoff Luft-Gemisch während der Verdichtungsphase verdichtet, um dann von der Zündkerze 10 entzündet zu werden. Durch die Ausdehnung des entzündeten Kraftstoffs wird der Kolben 2 angetrieben. Das entstehende Drehmoment hängt im Homogenbetrieb u. a. von der Stellung der Drosselklappe 11 ab. Im Hinblick auf eine geringe Schadstoffentwicklung wird das Kraftstoff Luft-Gemisch möglichst auf Lambda = 1 eingestellt.

[0029] In einer zweiten Betriebsart, einem sogenannten Schichtbetrieb der Brennkraftmaschine 1, wird die Drosselklappe 11 weit geöffnet. Der Kraftstoff wird von dem Einspritzventil 9 während einer durch den Kolben 2 hervorgerufenen Verdichtungsphase in den Brennraum 4 eingespritzt, und zwar örtlich in die unmittelbare Umgebung der Zündkerze 10 sowie zeitlich in geeignetem Abstand vor dem Zündzeitpunkt. Dann wird mit Hilfe der Zündkerze 10 der Kraftstoff entzündet, so dass der Kolben 2 in der nunmehr folgenden Arbeitsphase durch die Ausdehnung des entzündeten Kraftstoffs angetrieben wird. Das entstehende Drehmoment hängt im Schichtbetrieb weitgehend von der eingespritzten Kraftstoffmasse ab. Im Wesentlichen ist der Schichtbetrieb für den Leerlaufbetrieb und den Teillastbetrieb der Brennkraftmaschine 1 vorgesehen. Im Schichtbetrieb ist Lambda üblicherweise  $> 1$ .

[0030] Während einer ersten Betriebsphase wird die Brennkraftmaschine 1 im Schichtbetrieb betrieben und der Speicherkatalysator 12' wird mit Stickoxiden und der 3-Wege-Katalysator 12" mit Sauerstoff beladen (Einspeicherphase). In einer zweiten Betriebsphase (Regenerationsphase) werden der Speicherkatalysator 12' und der 3-Wege-Katalysator 12" wieder entladen, so dass sie in einem nachfolgenden Schichtbetrieb erneut Stickoxide bzw. Sauerstoff aufnehmen können (Ausspeicherphase). Während der Regenerationsphase wird vor dem Katalysator 12 ein Reduktionsmittel in das Abgas gegeben. Als Reduktionsmittel können bspw. Kohlenwasserstoffe (HC), Kohlenmonoxid (CO) oder Harnstoff verwendet werden. Kohlenwasserstoffe und Kohlenmonoxid werden im Abgas durch eine fette Gemischeinstellung (Betrieb der Brennkraftmaschine im Homogenbetrieb) erzeugt. Harnstoff kann aus einem Vorratsbehälter dem Abgas gesteuert zudosiert werden. Während der Regenerationsphase des Katalysators 12 laufen folgende Prozesse ab: Das Reduktionsmittel reduziert die gespeicherten Stickoxide zu Stickstoff und Sauerstoff. Diese Stoffe treten aus dem Katalysator 12 heraus, so dass sich hinter dem Katalysator 12 während der Regenerationsphase ein Sauerstoffüberschuss ergibt, obwohl die Brennkraftmaschine 1 mit einem fetten Kraftstoff/Luft-Gemisch (Sauerstoffmangel) betrieben wird.

[0031] Vor dem Katalysator 12 ist ein Sauerstoff (O<sub>2</sub>)-Sensor 13 und nach dem Katalysator 12 ein Stickstoff (NOx)-Sensor 14 in dem Abgasrohr 8 angeordnet. Nach dem Umschalten auf Sauerstoffmangel (Betrieb der Brennkraftmaschine 1 mit fettem Gemisch) vor dem Katalysator 12 zu Beginn der Regenerationsphase reagiert der O<sub>2</sub>-Sensor 13 praktisch verzögerungsfrei. Aufgrund des während des Schichtbetriebs vorherrschenden Sauerstoffüberschusses in dem Abgas sind die Sauerstoffspeicherplätze des Katalysators 12 zunächst nahezu alle besetzt. Nach dem Umschalten auf Sauerstoffmangel zu Beginn der Regenerationsphase werden die Sauerstoffspeicherplätze sukzessive von Sauerstoff befreit, der dann aus dem Katalysator 12 hinaustritt. Hinter dem Katalysator 12 herrscht daher nach dem Umschalten in die Regenerationsphase zunächst weiter Sau-

erstoffüberschuss. Nach einer von der Sauerstoffspeicherfähigkeit des Katalysators 12 abhängigen Zeitspanne ist das gesamte in dem Speicherkatalysator 12' eingespeicherte Stickoxid reduziert und der gesamte in dem Sauerstoffspeicher 12" eingespeicherte Sauerstoff entfernt, so dass auch hinter dem Katalysator 12 Sauerstoffmangel auftritt.

[0032] In Fig. 2 ist ein NOx-Einspeichermodell 30 schematisch dargestellt. Als Eingangsgrößen liegen an dem NOx-Einspeichermodell 30 der NOx-Massenstrom msnovk vor dem Katalysator 12 und ein Wirkungsgrad eta\_sp des NOx-Speicherkatalysators 12' an. Der Wirkungsgrad eta\_sp wird in Abhängigkeit von u. a. dem NOx-Massenstrom msnovk vor dem NOx-Speicherkatalysator 12', einem NOx-Massenstrom msnok hinter dem NOx-Speicherkatalysator 12' und der Temperatur des NOx-Speicherkatalysators 12' bestimmt. Der Wirkungsgrad eta\_sp ist eine nichtlineare Funktion des NOx-Füllstands mnosp des NOx-Speicherkatalysators 12' und nimmt mit zunehmendem NOx-Füllstand ab.

[0033] In einem Multiplikator 31 wird ein Produkt mnosp des NOx-Massenstroms msnovk und des Wirkungsgrads eta\_sp gebildet. Das Produkt mnosp wird in einem Integrator 32 aufintegriert. Als Ausgangssignal liefert der Integrator 32 den NOx-Füllstand mnosp des NOx-Speicherkatalysators 12'. Dieser wird in einem Vergleicher 33 mit einem vorgebbaren Schwellwert schw verglichen. Übersteigt der NOx-Füllstand mnosp den Schwellwert schw, wird mittels eines Regenerationssignals B\_denox die Regenerationsphase des NOx-Speicherkatalysators 12' eingeleitet.

[0034] In Fig. 3 ist ein erfindungsgemäßes Verfahren schematisch dargestellt. Bei dem Verfahren dient ein Ausgangssignal msnok\_s des hinter dem Katalysator 12 angeordneten NOx-Sensors 14 zur Regelung des NOx-Einspeichermodells 30. Dadurch kann der Anfang und das Ende der zweiten Betriebsphase (Regenerationsphase) des NOx-Speicherkatalysators 12' wesentlich genauer und zuverlässiger bestimmt werden, was zu einer deutlich verbesserten Abgasqualität führt.

[0035] Es wird ein modellierter NOx-Massenstrom msnok\_m nach dem Katalysator 12 modelliert. Der modellierte NOx-Massenstrom msnok\_m ergibt sich aus der Differenz des NOx-Massenstroms msnovk vor dem Katalysator 12 und dem Produkt des NOx-Massenstroms msnovk und dem Wirkungsgrad eta\_sp, d. h. aus msnovk. (1 - eta\_sp).

[0036] Der NOx-Massenstrom msnovk vor dem Katalysator 12 kann durch einen NOx-Sensor (nicht dargestellt) gemessen oder dem NOx-Modell entnommen werden.

[0037] Aus einer Differenz des modellierten NOx-Massenstroms msnok\_m nach dem Katalysator 12 und des durch den NOx-Sensor 14 gemessenen NOx-Massenstroms msnok\_s nach dem Katalysator 12 wird eine Regeldifferenz 34 des in Fig. 3 dargestellten Regelkreises gebildet. Die Regeldifferenz 34 wird einem integrierenden I-Regler 35 zugeführt. Statt eines I-Reglers 35 können auch beliebig andere geeignete Regeler eingesetzt werden.

[0038] Eine Stellgröße 36 des I-Reglers 35 wird an ein Stellglied 37 geleitet, das eine Stellgröße 38 variiert, um auf das NOx-Einspeichermodell 30 gezielt regelnd einzuwirken. Als Stellgröße 38 wird der Wirkungsgrad eta\_sp des NOx-Speicherkatalysators 12' herangezogen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Stickoxid (NOx)-Speicherkatalysators (12') einer Brennkraftmaschine (1) insbesondere eines Kraftfahrzeugs, wobei von der Brennkraftmaschine (1) erzeugte Stickoxide (NOx) in einer ersten Betriebsphase in den NOx-Speicherkataly-

sator (12') eingespeichert und in den NOx-Speicherkatalysator (12') eingespeicherte Stickoxide in einer zweiten Betriebsphase aus dem NOx-Speicherkatalysator (12') ausgespeichert werden, der Beginn der zweiten Betriebsphase anhand eines Stickoxid (NOx)-Füllstandes (mnosp) des NOx-Speicherkatalysators (12') bestimmt wird und der NOx-Füllstand (mnosp) anhand eines Stickoxid (NOx)-Einspeichermodells (30) modelliert wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein erster Wert des Stickoxid (NOx)-Massenstroms (msnonk\_s) hinter dem NOx-Speicherkatalysator (12') erfasst und das NOx-Einspeichermodell (30) in Abhängigkeit von dem erfassten ersten Wert korrigiert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Wert des NOx-Massenstroms (msnonk\_s) hinter dem NOx-Speicherkatalysator (12') mittels eines NOx-Sensors (14) gemessen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein zweiter Wert des NOx-Massenstroms (msnonk\_m) hinter dem NOx-Speicherkatalysator (12') dem NOx-Einspeichermodell (30) entnommen wird und das NOx-Einspeichermodell (30) in Abhängigkeit der beiden Werte der NOx-Massenströme (msnonk\_s, msnonk\_m) korrigiert wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass eine Differenz der beiden Werte der NOx-Massenströme (msnonk\_m – msnonk\_s) gebildet und das NOx-Einspeichermodell (30) in Abhängigkeit der Differenz (msnonk\_m – msnonk\_s) korrigiert wird.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass der NOx-Füllstand (mnosp) durch Integration des Produkts aus dem NOx-Massenstrom (msnovk) vor dem NOx-Speicherkatalysator (12') und einem Wirkungsgrad (eta\_sp) des NOx-Speicherkatalysators (12') in dem NOx-Einspeichermodell (30) ermittelt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Differenz (msnonk\_m – msnonk\_s) der beiden Werte (msnonk\_s, msnonk\_m) des NOx-Massenstroms hinter dem NOx-Speicherkatalysator (12') einem Regler (35) zugeführt wird und das NOx-Einspeichermodell (30) in Abhängigkeit einer Stellgröße (38) des Reglers (35) korrigiert wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das NOx-Einspeichermodell (30) in Abhängigkeit von dem Wirkungsgrad (eta\_sp) des NOx-Speicherkatalysators (12') als der Stellgröße (38) des Reglers (35) korrigiert wird.

8. Steuerelement, insbesondere Read-Only-Memory oder Flash-Memory, für ein Steuergerät (18) einer Brennkraftmaschine (1) insbesondere eines Kraftfahrzeugs, auf dem ein Programm abgespeichert ist, das auf einem Rechengerät, insbesondere auf einem Mikroprozessor, ablauffähig und zur Ausführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8 geeignet ist.

9. Steuergerät (18) für eine Brennkraftmaschine (1) insbesondere eines Kraftfahrzeugs, wobei die Brennkraftmaschine (1) zwischen einer ersten Betriebsphase, in der von der Brennkraftmaschine (1) erzeugte Stickoxide (NOx) in den Stickoxid (NOx)-Speicherkatalysator (12') eingespeichert werden, und einer zweiten Betriebsphase, in der eingespeicherte Stickoxide aus dem NOx-Speicherkatalysator (12') ausgespeichert werden, von dem Steuergerät (18) hin- und herschaltbar ist, und das Steuergerät (18) erste Mittel zum Bestimmen des Beginns der zweiten Betriebsphase anhand eines mittels eines Stickoxid (NOx)-Einspeichermodells (30) modellierten Stickoxid (NOx)-Füllstandes (mnosp).

des (mnosp) des Speicherkatalysators (12') aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuergerät (18) zweite Mittel (14) zum Erfassen eines ersten Werts des Stickoxid (NOx)-Massenstroms (msnonk\_s) hinter dem NOx-Speicherkatalysator (12') und dritte Mittel zur Korrektur des NOx-Einspeichermodells (30) in Abhängigkeit von dem erfassten ersten Wert (msnonk\_s) aufweist.

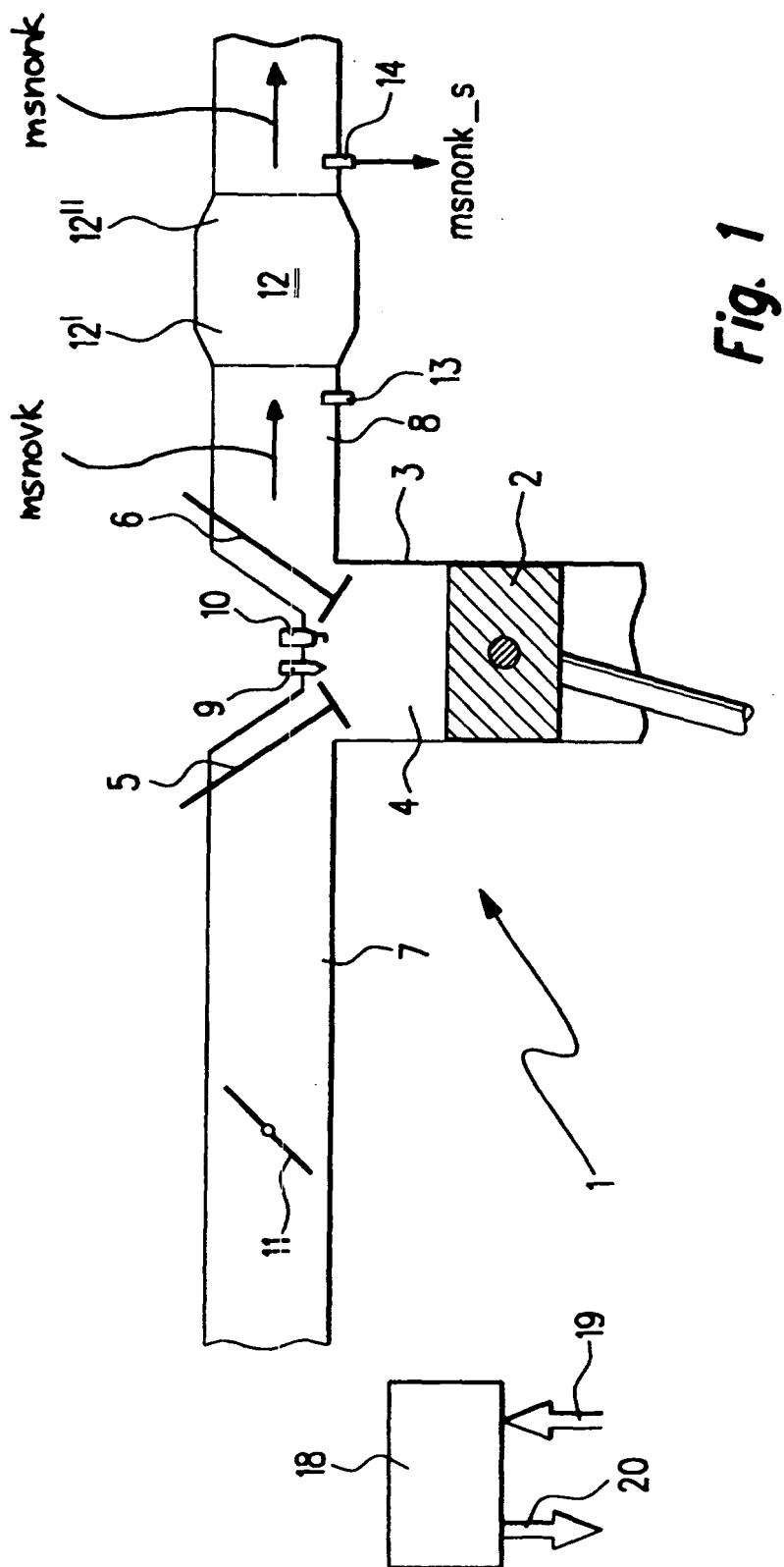
10. Brennkraftmaschine (1) insbesondere eines Kraftfahrzeugs, wobei die Brennkraftmaschine (1) ein Steuergerät (18) und einen Stickoxid (NOx)-Speicherkatalysator (12') aufweist und die Brennkraftmaschine (1) zwischen einer ersten Betriebsphase, in der von der Brennkraftmaschine (1) erzeugte Stickoxide (NOx) in den NOx-Speicherkatalysator (12') eingespeichert werden, und einer zweiten Betriebsphase, in der eingespeicherte Stickoxide aus dem NOx-Speicherkatalysator (12') ausgespeichert werden, von dem Steuergerät (18) hin- und herschaltbar ist, und die Brennkraftmaschine (1) erste Mittel zum Bestimmen des Beginns der zweiten Betriebsphase anhand eines mittels eines Stickoxid (NOx)-Einspeichermodells (30) modellierten Stickoxid (NOx)-Füllstandes (mnosp) des NOx-Speicherkatalysators (12') aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkraftmaschine (1) zweite Mittel (14) zum Erfassen eines ersten Werts des Stickoxid (NOx)-Massenstroms (msnonk\_s) hinter dem NOx-Speicherkatalysator (12') und dritte Mittel zur Korrektur des NOx-Einspeichermodells (30) in Abhängigkeit von dem erfassten ersten Wert (msnonk\_s) aufweist.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -



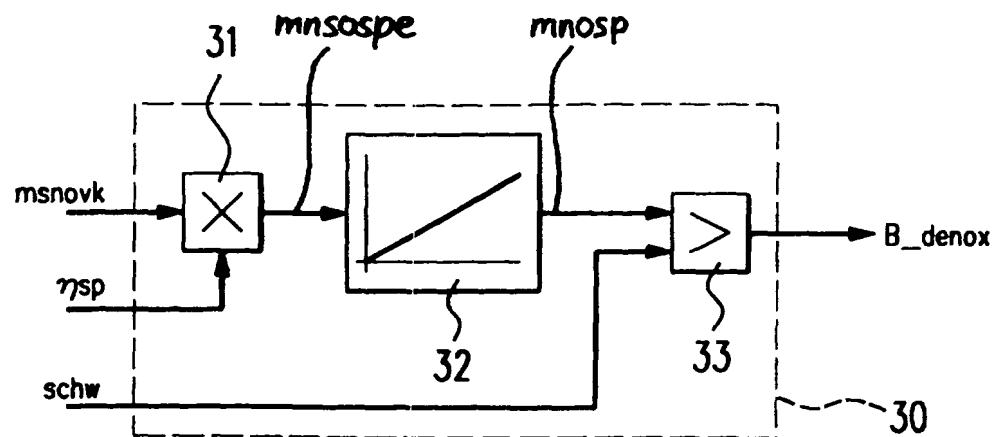


Fig. 2

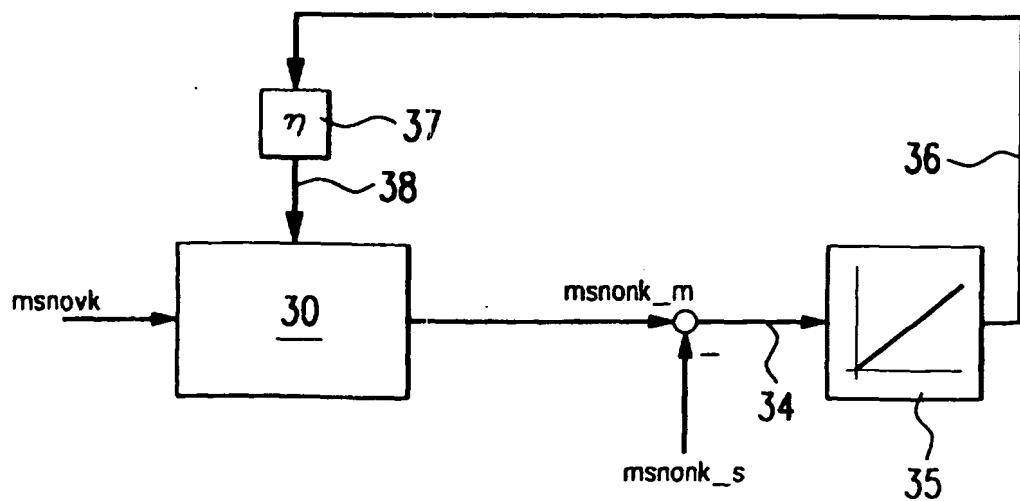


Fig. 3